

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Année 1936

N°

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Joseph HART

Né le 22 Novembre 1907 à Iassy (Roumanie)

**Milieu confiné et milieu surpressé
dans les abris contre les gaz de combat**

Président : M. TANON, Professeur

PARIS

LIBRAIRIE MÉDICALE MARCEL VIGNÉ

13, RUE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

1936

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Année 1936

N°

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Joseph HART

Né le 22 Novembre 1907 à Iassy (Roumanie)

Milieu confiné et milieu surpressé dans les abris contre les gaz de combat

Président : M. TANON, Professeur

PARIS

LIBRAIRIE MÉDICALE MARCEL VIGNE

13, RUE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

1936

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIERE.
Physiologie	Léon BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	DESGREZ.
Bactériologie	Robert DEBRÉ.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie médicale et générale	BAUDOUIN.
Pathologie chirurgicale	CHEVASSU.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU
Thérapeutique	HARVIA.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée	FIESSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	Maurice VILLARET.
Clinique médicale	LOEPER.
»	CARNOT.
»	CLERC.
»	Marcel LABBE.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBoullet.
Clinique des maladies des enfants	NOBECOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
Clinique chirurgicale	CUNEO.
»	GOSSET.
»	GREGOIRE.
»	LENORMANT.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	MARION.
Clinique d'accouchements	BRINDEAU.
»	COUVELAIRE.
»	JEANNIN.
Clinique gynécologique	MOCQUOT.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBREDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Clinique de la Tuberculose	BEZANÇON.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU.
Professeurs sans chaire	HOVELACQUE.
»	MULON.
»	OLIVIER.
»	VERNE.
»	N.



II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

BENARD (Henri)	Pathologie médicale.
BERNARD (Etienne) .	Pathologie médicale.
BOULIN	Pathologie médicale.
BULLIARD	Histologie.
CATHALA	Pathologie médicale.
CHEVALLIER	Pathologie médicale.
DOGNON	Physique.
FEY	Urologie.
GALLIARD	Parasitologie.
GASTINEL	Bactériologie.
DE GAUDART D'ALLAINES	Pathologie chirurgic.
GAYET	Physiologie.
GIROUD	Histologie.
HAGUENAU	Pathologie médicale.
HALPHEN	Oto-Rhino-Laryngologie
HAZARD	Pharmacologie.
HUGUENIN	Anat. pathologique.
JOANNON	Hygiène.
LABBE (Henri)	Chimie biologique.
LACOMME	Obstétrique.
LANTUEJOL	Obstétrique.

MM.

LAROCHE (Guy)	Pathologie médicale.
LEMAIRE	Pathol. expérimentale
LEVEUF	Pathologie chirurgic.
Mlle J. LEVY	Pharmacologie.
LEVY-VALENSI	Neurol. et Psychiatrie.
MOREAU	Pathologie médicale.
MOULONGUET	Pathologie chirurgic.
MOUQUIN	Pathologie médicale.
OBERLING	Anatomie pathologiq.
PETIT-DUTAILLIS . . .	Pathologie chirurgic.
PIEDELIEVRE	Médecine légale.
PORTES	Obstétrique.
RICHET	Physiologie.
SANNIE	Chimie biologique.
SENEQUE	Pathologie chirurgic.
TROISIER	Pathol. expérimentale
TURPIN	Pathologie médicale.
VIGNES	Obstétrique.
WILMOTH	Pathologie chirurgic.
Justin BESANÇON....	Hydrologie.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.

ALGLAVE	Pathologie chirurgic.
BUSQUET	Pharmacologie.
CHAILLEY-BERT . . .	Physiologie.

MM.

LEROUX	Anatomie pathologiq.
NEVEU-LEMAIRE	Parasitologie.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE A TITRE PERMANENT

MM.

ABRAMI	} Clinique médicale.
ALAJOUANINE	
AUBERTIN	
BRULE	
CHABROL	
CHIRAY	
DONZELOT	
DUVOIR	
LIAN	
PASTEUR-VALLERY- RADOT	
SEZARY	

MM.

BASSET	} Clinique Chirurgicale.
BROCC	
CADENAT	
GATELLIER	
HEITZ-BOYER	
MOURE	
QUENU	
SCHWARTZ	} Clinique obstétricale.
VELTER	
ECALLE	
GUENIOT	
LE LORIER	
LEVY-SOLAL	
METZGER	

V. — CHARGÉS DE COURS

MM.

CHAILLEY-BERT, agrégé	Education physique.
LEDOUX-LEBARD	Radiologie clinique.
WEIL-HALLÉ	Puériculture.
FREY	Stomatologie.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MES PARENTS

*Témoignage de mon affection filiale et
de ma gratitude.*

A MA FEMME

• *Témoignage de tendre affection*

A MA SOEUR

En souvenir de notre enfance

A MES AMIS

A TOUS LES MIENS

A M. LE PROFESSEUR L. TANON

Professeur d'Hygiène à la Faculté de Médecine de Paris
Directeur de l'Institut Supérieur d'Hygiène
Officier de la Légion d'Honneur

*Qui m'a fait le grand honneur de bien
vouloir accepter la présidence de cette
thèse.*

A MES MAITRES DES HOPITAUX

ET DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

*Hommage de reconnaissance pour leur pré-
cieux enseignement.*

INTRODUCTION

« Avec les moyens modernes d'attaque,
« la dévastation et la ruine peuvent
« s'abattre en quelques heures sur tout
« un grand pays, et les habitants voir la
« mort incessamment suspendue au-dessus
« d'eux. Il en résulte que la prévention
« d'une guerre est presque devenue une
« œuvre humanitaire et un art plus dif-
« ficile que la préparation, à cause des
« inconnues physico-chimiques qu'elle
« doit envisager. »

*De la Préface de M. le Professeur
A. Tanon, au livre du D^r M. Anglade.*

La protection anti-aérienne du territoire comporte à la fois des mesures de défense active et des mesures de défense passive. Mais tandis que les premières ont pour objet essentiel de neutraliser ou de détruire des aéronefs ennemis, les secondes visent à assurer la sauvegarde des populations civiles et le fonctionnement des services publics. Elles s'inscrivent donc en complément des précédentes, complément indispensable car les enseignements de la der-

nière guerre ont appris qu'une défense active, si développée fût-elle, ne saurait garantir une protection totale.

Par ailleurs, il est évident que la détermination, le choix des mesures de défense passive sont fonction de la nature des dangers auxquels il convient de faire face. Or l'attaque aérienne comportant l'utilisation séparée ou combinée d'engins soit explosifs, soit incendiaires, soit toxiques, la protection devrait répondre à cette triple éventualité. C'est ce que l'on a appelé la défense contre « la triade agressive ». Cette menace est d'ordre moral et matériel. Moral en ce qu'elle atteint la volonté de résistance des populations et matériel parce qu'elle s'attaque aux centres vitaux du pays.

Il est donc nécessaire que, d'une part, une série de services actifs de la défense (organisme central de la défense, service de sûreté, abris sanitaires, postes de secours, etc.) soient abrités dans des conditions aussi bonnes que possible de sécurité et que, d'autre part, les éléments de la population dite active, et la portion non évacuée de la population passive qui ont également besoin d'être protégés, fassent l'objet d'une protection collective, d'autant plus qu'en ce qui concerne cette dernière la possibilité d'une protection individuelle suffisante s'avère pratiquement très peu efficace.

L'étude et l'établissement d'un système d'abris a soulevé différents problèmes concernant leur situation topographique et leur mode de construction afin de résister aux dan-

gers explosif et incendiaire, d'une part, et, d'autre part, leur étanchéité, autrement dit, les différents procédés employés pour empêcher la pénétration des produits toxiques dans l'atmosphère intérieure de l'abri ainsi que les conditions de son habitabilité.

Négligeant le côté technique de construction et d'installation des abris que nous ne ferons qu'indiquer d'une façon sommaire, nous nous proposons, dans cette étude, d'examiner les conditions physiques et physiologiques que présente le séjour dans un abri. Ces conditions, en effet, diffèrent suivant que nous nous trouvons en circuit fermé ou en circuit ouvert. La supériorité de ce dernier système tranche nettement sur le premier et nous tâcherons de le démontrer.

ENUMERATION SOMMAIRE DES GAZ TOXIQUES

Nous donnons ci-après une classification générale des gaz toxiques généralement employés. Cette classification est basée sur les effets, sur l'organisme humain.

Une première partie comprend les gaz dits : *Irritants*, qui se subdivisent eux-mêmes en sternutatoires dont l'adam-sit et le sternite; et en lacrymogènes dont le bromure de benzyle et les cétones bromées et chlorées.

La deuxième partie comprend les gaz dits : *Cellulaires*, que l'on divise en suffocants dont la chloropicrine, la palite et surpalite, le chlore, le phosgène; et en vésicants dont l'ypérite, la lewisite et la sternite.

Une troisième partie inclut les gaz dits : *Généraux*, qui sont l'acide cyanhydrique et l'oxyde de carbone.

Nous notons en passant que les gaz toxiques qui sont d'ailleurs souvent des liquides toxiques tels que l'ypérite peuvent être jetés par bombes ou directement projetés sur le sol sous forme de pluie ou portés au sol par des nuages artificiels.

D'autre part, que les concentrations gazeuses massives ne peuvent être réalisées qu'en des endroits très confinés. En effet, le vent, l'action du soleil, agissent sur les gaz en

les diluant d'autant plus que ceux-ci sont déjà par eux-même plus diffusibles, plus volatils et moins denses par rapport à l'air. C'est pourquoi on a préféré employer des produits liquides peu volatils ou même solides, tels les arsines, agissant souvent par contact direct avec les muqueuses et la peau.

CONDITIONS TECHNIQUES DE CONSTRUCTION D'UN ABRI

Pour se mettre à l'abri, réellement à l'abri, il faut réunir un ensemble de conditions techniques qu'aucune cave dans aucun immeuble, non aménagé spécialement dans ce but, ne présentera jamais.

Le problème est complexe, car s'il s'agit de réaliser un abri contre les bombes explosives, incendiaires et toxiques, des facteurs nombreux et délicats sont à envisager. Un abri contre tous les explosifs n'existe pas. A cet égard, la circulaire du 13 avril 1932 est formelle. « Il est dans tous les cas illusoire de rechercher une protection absolue contre les projectiles explosifs. »

A défaut de l'absolu, il convient de se cantonner dans le relatif. L'abri doit pouvoir résister aux bombes les plus utilisées. Les « Instructions pratiques sur la Défense passive » du ministère de l'Intérieur admettent les épaisseurs suivantes de béton armé pour résister aux bombes : 0 m. 25 pour les bombes de 10 kgs, 0 m. 70 pour la bombe de 50 kgs, 1 m. 10 pour la bombe de 100 kgs, 1 m. 40 pour la bombe de 300 kgs. Pour être à l'abri des bombes de 500 kgs, dont l'efficacité est jugée suffisante et qu'une escadrille peut transporter en nombre suffisant, il faut se placer au minimum à 13 m. sous terre et à 3 m. 50 sous

béton (chiffres donnés par le lieutenant-colonel Vauthier dans le Danger aérien et l'Avenir du pays). S'il est dominé par une construction, un immeuble, cette couche protectrice peut diminuer d'épaisseur en fonction du nombre des planchers étagés.

S'agit-il du feu. Pour un abri isolé, le problème est simple. Mais si une construction domine un abri souterrain, elle est, par définition, une proie pour l'incendie. Les bombes « Electron » provoquent un tel foyer que les grosses lances d'incendie ne parviennent pas à éteindre un engin de cet ordre enflammé.

Ainsi, si l'on se réfère aux instructions officielles, si l'on se rapporte aux constructions les plus modernes d'abris présentant les meilleures garanties de sécurité, on s'aperçoit immédiatement que la solution du problème est à la fois complexe et onéreuse.

Mais, si la question des conditions techniques de construction présente de sérieuses difficultés, il est certain que le problème de l'étanchéité ou de non-pénétration des gaz toxiques dans l'abri, d'une part, et de viabilité des individus se trouvant abrités, d'autre part, ait reçu des solutions extrêmement satisfaisantes.

ETANCHEITE DES ABRIS

L'air à l'intérieur des abris occupés est généralement plus chaud que l'atmosphère ambiante, de sorte que, tendant à monter et à s'échapper, il réalise un véritable appel d'air; l'air extérieur rendu toxique par les gaz est plus lourd et s'efforce de pénétrer dans le local protégé pour remplacer l'air qui s'élève.

Cet effet d'aspiration se fait surtout sentir au niveau des fentes et mal joints des portes, fenêtres et planchers, au travers des murs perméables à l'air et avec une intensité d'autant plus grande que la différence thermique intérieure et extérieure est plus marquée et que le vent est plus fort.

L'air des maisons d'habitation se renouvelle ainsi naturellement au bout d'un temps variable d'une à trois heures en moyenne, en fonction de la part prise par les facteurs énoncés.

Pour obvier à ce renouvellement de l'air et rendre les locaux impénétrables aux gaz, d'un pouvoir de diffusion extrême, il faut donner aux murs une certaine épaisseur, les enduire de substances imperméables à l'air, réaliser une fermeture hermétique et instantanée des ouvertures par où l'air peut s'introduire.

En dépit de ces précautions, les gaz pénétrant encore par diffusion, le seul moyen efficace de s'y opposer est de créer à l'intérieur du local, une surpression excédant celle du milieu environnant et qui soit capable de renverser les sens des courants de diffusion.

CONDITIONS DE VIABILITE DES INDIVIDUS DANS UN ABRI

La respiration comprend deux grandes phases :

a) La respiration externe ou pulmonaire : ensemble des actes par lesquels l'oxygène pénètre de l'atmosphère dans le sang (milieu intérieur) et par lesquels l'acide carbonique s'élimine de ce milieu intérieur. b) La respiration interne ou des tissus constituée par des échanges gazeux qui ont lieu entre le sang et les cellules.

Lorsque des hommes sont rassemblés dans un local clos, la composition et les caractères physiques, tels que l'humidité et la température de l'air se modifient à tel point que cet air peut devenir irrespirable, autrement dit, impropre à maintenir la vie. Ce n'est pas tant le défaut de plus en plus marqué d'oxygène, ni l'enrichissement en anhydride carbonique CO^2 qui sont la cause du malaise éprouvé, que le trouble des propriétés physiques de l'air devenu dange-reusement insalubre.

Oxygène. Les variations des gaz fondamentaux des atmosphères confinées, en particulier de l'oxygène, sont en règle générale de faible amplitude. Les phénomènes respiratoires utilisant de l'oxygène constituent le facteur le plus

constant d'abaissement du taux de ce gaz dans les locaux confinés habituels, diminution en oxygène qui peut devenir assez appréciable quand le séjour est prolongé dans des locaux surpeuplés et mal aérés.

Acide carbonique. La quantité d'acide carbonique accumulée dans une enceinte par l'effet de la respiration peut servir de mesure dans l'appréciation de la souillure d'une atmosphère confinée; bien que l'on ne puisse rapporter exclusivement à l'acide carbonique les malaises consécutifs à un séjour quelque peu prolongé dans une atmosphère confinée.

Les échanges respiratoires sont, en effet, une source constante d'acide carbonique, si l'on veut bien considérer qu'un homme adulte de poids moyen faisant passer 500 litres d'air à l'heure dans ses poumons, rejette environ 25 litres d'acide carbonique. La respiration cutanée en apporte elle-même 4 à 9 % dans le même temps.

L'acide carbonique véhiculé par le sang est normalement un excitant bulbaire où il semble agir tout particulièrement sur les origines du pneumogastrique, nerf riche en fibres modératrices du cœur. Sa tension dans l'air alvéolaire venant à diminuer, le sang s'en appauvrit, l'excitation bulbaire est moindre et il y a accélération des battements du cœur. Si au contraire l'air alvéolaire est saturé d'acide carbonique, la quantité de ce gaz dans le sang augmente considérablement, l'excitation du pneumogastrique devient

excessive pouvant aller jusqu'à inhiber complètement et définitivement la contraction cardiaque. L'acide carbonique peut donc jouer le rôle de gaz toxique mais à dose massive.

Vapeur d'eau et produits organiques. L'atmosphère confinée est toujours plus ou moins chargée de vapeur d'eau provenant des échanges respiratoires qui en rejettent en moyenne 380 grammes par personne et par 24 heures.

La vapeur d'eau véhicule encore des produits organiques volatils ou gazeux; ceux-ci proviennent des excréta de l'homme éliminés par les poumons, la peau et l'intestin. Ils jouent le plus grand rôle dans l'odeur désagréable que l'on perçoit dans les milieux confinés.

MILIEU CONFINE

Lorsque l'atmosphère d'un milieu soumis à certaines causes d'altération communique insuffisamment avec l'air extérieur, on dit couramment que l'atmosphère dudit milieu est confinée.

Ainsi, dans le cas qui nous occupe, un abri à air confiné serait un abri qui, par l'imperméabilité des murs d'abord, par l'obturation étanche de ses ouvertures d'autre part, empêcherait toute pénétration des gaz toxiques se trouvant à l'extérieur. Mais du fait de cette non-pénétration, ou presque, de l'air extérieur se pose la question de savoir sous quelles conditions les individus occupant cet abri pourront y séjourner. Il faut ou bien aérer ou régénérer l'air existant dont les propriétés physiques sont altérées par les occupants.

Si, comme nous l'avons dit précédemment, la respiration consiste dans un ensemble d'actes par lesquels l'oxygène pénètre de l'atmosphère dans le sang et par lesquels l'acide carbonique s'élimine de ce milieu intérieur il s'agit de savoir à partir de quel moment il est nécessaire de régénérer l'atmosphère intérieure de l'abri, c'est-à-dire quel est d'abord le pourcentage d'acide carbonique tolérable dans un abri confiné et à quel moment on doit en commencer

l'absorption et d'autre part quelle est la consommation d'oxygène par heure et par personne et à quel moment on doit en commencer la production. Deuxièmement si la capacité d'un abri doit être proportionnée à sa surface d'occupation ou à son volume c'est-à-dire si le nombre des occupants d'un abri doit être proportionnel à la surface nécessaire pour chacun ou au volume de l'abri.

Pour résoudre la première partie du problème énoncé ci-haut nous avons à considérer deux éventualités. En premier le séjour-limite au-delà duquel on ne peut séjourner sans absorption de gaz carbonique et sans adjonction d'oxygène. Deuxièmement à quel moment il faut régénérer l'atmosphère. Une longue expérience a montré, en particulier dans son application aux sous-marins, qu'à ces deux questions deux formules sont largement suffisantes dans la pratique. 1° Il n'est pas nécessaire d'absorber le gaz carbonique tant que sa concentration dans l'air ne dépasse pas en volume 1,5 % et 2° qu'il ne s'impose pas de débiter de l'oxygène tant que sa proportion dans l'air, normale en volume de 21 %, restait supérieure à 17 %. Pour vérifier deux données expérimentales peuvent être utilisées comme tests de contrôle :

1° Il est possible d'enflammer une allumette suédoise tant que la proportion d'oxygène dans l'air reste supérieure à 17,5 %.

2° Une bougie allumée s'éteint dès que l'oxygène tombe à 16,2 %.

Monsieur le Pharmacien-Colonel Bruère a établi par deux formules simples, avec exemples à l'appui, dans quelles limites doit s'effectuer la régénération de l'air dans une atmosphère viciée par les produits de la respiration, en fonction de la capacité du local (V) et du nombre des occupants (N). La formule

$$T = \frac{V}{N} \times \frac{3}{4}$$

permet de calculer le séjour-limite sans absorption de gaz carbonique. A titre d'exemple une case-abri bien close de 400 m³, devant recevoir 120 personnes, permettra un séjour sans régénération d'air qui pourra se prolonger pendant :

$$T \text{ (séjour-limite)} = \frac{400 \times 3/4}{120} = 2 \text{ h. } 30$$

Le séjour-limite sans production d'oxygène est indiqué par la formule :

$$T = \frac{V}{N} \times 1,6$$

En reprenant l'exemple précédent le calcul est le suivant :

$$T = \frac{400}{120} \times 1,6 = 5 \text{ h. } 20$$

La possibilité de séjour sans qu'il soit nécessaire de distribuer de l'oxygène, est le double de celle au bout de la-

quelle il est nécessaire d'éliminer le gaz carbonique. Le rapprochement des deux formules précédentes qui ont pour

fraction commune $\frac{N}{V}$ fait d'ailleurs ressortir que $\frac{4}{3}$ c'est-à-

dire 0,75 et 1,6 sont sensiblement dans le rapport de 1 à 2. Ainsi si nous prenons comme exemple que dans un abri confiné où chaque homme dispose d'un volume de 2m^3 , l'absorption de CO_2 devra commencer au bout d'une heure nous avons pour l'oxygène le calcul suivant (formules empruntées à une communication du capitaine de corvette Clatin, de l'Inspection Générale Z du Ministère de la Marine) :

Si on admet que la consommation horaire d'oxygène pour un homme est de 25 litres; que la concentration normale d'oxygène dans l'air atmosphérique est de 21%; que la concentration minimum admissible est de 17%. Le temps T_2 au bout duquel la régénération devra commencer en abri sera donc tel que :

$$\frac{0,025 \times N \times T_2}{V} = 21 - 17 = 4$$

$$\text{D'où } T_2 = \frac{4}{2,5} \frac{V}{N}$$

On voit en adoptant encore une légère marge de sécurité que l'on peut écrire pratiquement : $T_2 = 2 T_1$.

Exemple : Si on reprend l'exemple précédent où

($V = 2 N$) on voit que la régénération s'impose au bout de 2 heures donc comme nous l'avons dit plus haut la possibilité de séjour, sans qu'il soit nécessaire de distribuer de l'oxygène, est le double de celle au bout de laquelle il est nécessaire d'éliminer le gaz carbonique.

Quel que soit le procédé suivi pour la production d'oxygène, le débit horaire doit être réglé de façon à maintenir la teneur en oxygène de l'air de l'abri au-dessus de 17,5 %, en évitant un excès inutile et dispendieux. On devra tenir compte du séjour-limite à partir duquel la production d'oxygène s'impose et du débit horaire basé sur le nombre d'occupants au taux moyen de 25 litres par personne.

Pour 120 sujets, dans l'exemple précité le débit horaire de 3 mètres cubes ne s'imposera qu'après un séjour de 5 heures 20 minutes dans l'abri.

Il nous reste à examiner la deuxième partie du problème que nous avons voulu étudier au début de ce chapitre. C'est-à-dire quels sont le volume et la surface à prévoir par occupant ?

La surface est une question de confort. Le colonel Bruère propose de chiffrer la surface utile entre un mètre carré (minimum) et deux mètres carrés (normal) par occupant.

Quant au volume la formule du même colonel Bruère

$$T = \frac{V}{N} \times \frac{3}{4}$$

nous permet de le déterminer (où T est le temps au bout duquel il est nécessaire d'absorber le gaz carbonique, V le volume du local, N le nombre d'occupants) il vient :

$$V = \frac{4 TN}{3}$$

Si N égale un occupant, si T égale une heure, $V = \frac{4}{3}$

donc 1.333 litres. C'est le volume d'air nécessaire à un occupant pendant une heure. On doit donc compter en moyenne sur 1 mètre cube 500 à 2 mètres cubes d'air par personne à l'heure.

La production d'oxygène pour assurer la régénération de l'air se fait soit en ouvrant des bouteilles d'oxygène comprimé dont on règle le débit nécessaire soit par des réactions chimiques en décomposant de l'oxylithe avec de l'eau. On recouvre l'appareil afin d'éviter les éclaboussures caustiques.

Pour l'absorption de l'acide carbonique elle est réalisée à l'aide de la soude caustique. On prévoit habituellement par homme et par heure, environ 0 kg. 140 de soude. Cette précision ne s'applique qu'à des locaux sans appareils de chauffage tels que poêles cheminées, dont les déchets contribuent à vicier l'atmosphère.

Pour ce qui est de la vapeur d'eau dont l'atmosphère confinée est toujours chargée à la suite des échanges respiratoires, lorsqu'on fait traverser l'air vicié par la respiration tel qu'il sort des poumons c'est-à-dire chaud et saturé de vapeur d'eau, au travers d'une couche de certains peroxydes alcalins granulés cet air vicié et complètement refroidi à sec et cela par une seule opération qui élimine l'acide carbonique, met en liberté la quantité correspondante d'oxygène et détruit complètement les toxines par oxydation. Cet air peut continuer à entretenir la respiration, c'est ce qu'on a dénommé de l'air artificiel.

En résumé, nous observons qu'au point de vue de la protection absolue contre les gaz, le type d'abris à air confiné présente, si toutefois les conditions nécessaires sont réalisées, une protection que nous pouvons considérer comme parfaite. Il en va cependant différemment en pratique, et ce procédé présente des inconvénients nombreux.

En particulier, l'étanchéité parfaite est difficilement réalisable, car il existe toujours des mal joints, des fentes ou autres par lesquels les gaz peuvent pénétrer. D'où il résulte qu'il est très difficile d'obtenir cette étanchéité dans les abris déjà existant (caves, souterrains, etc.) et qu'il est difficile de l'appliquer.

Au point de vue de la régénération, il est très difficile de conserver le générateur d'oxygène et le régénérateur absorbant l'acide carbonique. Leur installation est encom-

brante et il est difficile de se ravitailler en produits, surtout au moment du besoin.

De plus, si l'on considère qu'il est nécessaire de produire un dégagement minimum de 25 litres d'oxygène par homme et par heure, l'industrie ne pourrait pas fournir la quantité de bouteilles jugée nécessaire, même si elle était réduite au strict nécessaire.

Bref, ce procédé par isolement ne pourrait s'appliquer qu'aux constructions neuves.

MILIEU SURPRESSE

Nous avons examiné dans le chapitre précédent le type d'abris dit à air confiné et dont l'atmosphère est régénérée par procédés chimiques. Nous allons étudier maintenant un procédé que de nombreux savants ont étudié et préconisé, notamment le colonel Bruère, dont l'autorité en la matière est indiscutable.

Pour se protéger contre les gaz toxiques par le milieu surpressé, il suffit d'aspirer le plus haut possible, par un système de ventilation, de l'air pur ou tout au moins aussi peu pollué que possible, puisque la densité des gaz nocifs tend à les rassembler vers le sol, et à souffler cet air après l'avoir filtré et débarrassé des produits toxiques qu'il contiendrait, dans un abri quelconque (souterrain, cave, pièce d'un appartement) de façon à créer dans cet abri une surpression ou pression positive par rapport à l'atmosphère extérieure. Le fait de créer ainsi une surpression, ne serait-elle que d'une fraction de millimètre d'eau, suffit à empêcher radicalement l'introduction dans la ou les pièces protégées des gaz nocifs.

Ainsi à la différence du procédé dit par isolement, la première considération pour le milieu surpressé, c'est qu'il n'est point indispensable que les locaux soient hermétique-

ment clos; au contraire, il est même nécessaire que des pertes de charge puissent se produire vers l'extérieur pour qu'un balayage des déchets de la respiration, c'est-à-dire du milieu intérieur, s'effectue sous l'influence de la surpression.

Pour l'alimentation en air respirable de ce type d'abri, deux procédés permettent, suivant les circonstances, de satisfaire à cette question. Soit la captation d'air pur à hauteur suffisante, soit l'utilisation d'air plus ou moins toxique après filtration et purification.

Dans la première éventualité, si on considère que les gaz de combat sont denses et par conséquent tendent à rester au sol, il semble possible de puiser de l'air au-dessus de la zone toxique. On admet, en général, qu'en terrain découvert, au-dessus de 20 à 25 mètres, l'air ne contient pas de quantités nocives de produits toxiques. Mais comme de toute façon il pourrait être pollué, aussi peu soit-il, on envisage l'adjonction à la bouche d'aération d'un filtre qui débarrasse l'air de toutes ses impuretés.

Pour puiser cet air, on peut utiliser soit des cheminées existantes, soit de nouvelles conduites construites dans ce but.

A la partie inférieure de la cheminée, il faut un ventilateur qui aspire l'air, mais il est essentiel que le bas de ladite cheminée soit hermétiquement clos, sauf le passage du conduit étanche relié à la base d'aspiration du ventilateur.

On peut distinguer deux sortes d'installations pour un ensemble d'abris :

a) Un système de ventilation propre à chaque abri;

b) Plusieurs dispositifs de ventilation indépendants, disposés de telle sorte que, dans le cas d'arrêt accidentel d'un ou plusieurs d'entre eux, les autres indemnes puissent assurer la ventilation de l'ensemble dans les mêmes conditions.

Il existe un appareil d'ensemble qui comporte essentiellement un support formant coffre de filtration, surmonté d'un couvercle sur lequel sont fixés le ventilateur surpresseur et le dispositif de commande qui peut être soit un moteur électrique ou une manivelle de secours ou pédale en cas de panne électrique.

Le maximum de puissance a pour limite la possibilité du fonctionnement à main en cas de panne du secteur.

Le filtre est constitué par du charbon actif, un dispositif contre les arsines et éventuellement contre l'oxyde de carbone; on recommande la position horizontale qui donne le maximum de garantie. La vitesse de passage de l'air ne doit pas excéder 0 m. 50 par seconde.

C'est ainsi qu'une surface de filtre de 25 décimètres carrés exige, pour un débit-heure de 6 mètres cubes par minute (soit 100 litres d'air pur par seconde) un diamètre du filtre de 0 m. 53; le jumelage des filtres, si cela est

nécessaire, permet de pousser au maximum les garanties de durée de la filtration et de faciliter le remplacement des filtres.

De même que pour l'abri à air confiné, nous avons à examiner les conditions de viabilité des individus se trouvant en milieu surpressé. Nous aurons à rechercher d'une part si l'espace cubique par personne que doit avoir l'abri est le même que dans le milieu confiné, d'autre part le volume d'air que l'on doit envoyer par personne et par heure et si la proportion maximum tolérable d'acide carbonique dans l'air est toujours la même.

La question de l'aération des abris en milieu surpressé n'a pas été complètement mise au net.

« L'Instruction pratique sur la Défense passive », annexe 4 du ministère de l'Intérieur, s'exprime ainsi :

« Dans un local hermétiquement clos, pour une durée de séjour limitée et pour du personnel inactif, la quantité d'air nécessaire doit être évaluée au minimum à raison de un mètre cube par occupant et par heure.

« Pour une durée pouvant atteindre plusieurs heures, il est indispensable d'avoir trois ou quatre mètres cubes par heure et par occupant. Pour un séjour prolongé et pour du personnel devant travailler, la quantité unitaire de base est de 17 mètres cubes. »

Il semble que la vérité en matière d'aération d'abri est entre ces extrêmes.

De même que pour l'abri à milieu confiné, la capacité de l'abri doit être proportionnée à sa surface d'occupation. Cette capacité est d'ailleurs variable suivant l'affectation. On admet généralement le chiffre de une à deux personnes par mètre carré pour un abri susceptible d'être occupé par intermittence. Pour les postes de recueil, les postes de secours, la capacité est à déterminer selon les besoins. A tous égards, il est plus avantageux d'aménager des souterrains nombreux de faible capacité que des vastes souterrains pouvant contenir un grand nombre de personnes. Mieux vaut compartimenter un abri de grande capacité que de voir la masse de ses occupants exposés à un accident ou à la panique susceptible d'être mortels pour tous. Pour la ventilation, celle-ci doit être basée non sur le cubage de l'abri, mais seulement sur le nombre de personnes qu'il est destiné à recevoir en utilisation normale.

Le débit du ventilateur doit toujours être supérieur au total du débit respiratoire moyen des occupants, sous peine de voir le pourcentage d'acide carbonique augmenter dans l'abri et la surpression réduite, susceptible de laisser pénétrer dans l'abri l'air extérieur élevé par des voies autres que la prise d'air.

L'expérience a démontré que pour avoir une certaine marge de sécurité, la quantité d'air à admettre au point de vue physiologique est de 2 mètres cubes par personne et par heure.

Alors qu'en milieu clos, le T, c'est-à-dire le temps en heure au bout duquel il convient d'absorber le gaz carbonique, correspond à 1,50 % on peut porter celui-ci en milieu surpressé avec la chasse d'air résultant de parois poreuses ou des interstices des moyens de fermeture ordinaire jusqu'à 3 %.

Dans ce cas, en effet, l'hygromicité sans cesse accrue ainsi que l'élévation de la température en milieu strictement clos (ce qui est la source de malaises par réduction du métabolisme) sont en partie évitées en milieu surpressé par apport d'air extérieur.

Il semble donc, ainsi que le dit le colonel Bruère, auquel nous empruntons ces indications, que jusqu'à 3 % de gaz carbonique, le réglage peut être considéré comme satisfaisant et prévu à l'avance en fonction du volume du local, du nombre d'occupants et du débit-heure du ventilateur aspirateur et surpresseur. Dans ce cas, on a directement :

$$T = 1,5 \frac{V}{N}$$

En réalité, il ne s'agit pas seulement, pour assurer la sécurité dans l'abri, de n'y pas tolérer une teneur en Co^2 supérieure à 3 %, mais encore d'y maintenir une surpression minimum. Celle-ci est également variable selon l'affectation de l'abri.

Dans les abris ordinaires et bien étanches, une surpres-

sion minimum de 4 millimètres d'eau est suffisante, mais dans les cas particuliers tels que les poste de secours, etc., susceptibles d'être ouverts constamment, des dispositifs spéciaux de surpression sont à envisager et celle-ci peut aller jusqu'à 10 mm. d'eau.

Au point de vue physiologique, cette surpression ne saurait occasionner aucun trouble grave de l'organisme humain, car si nous considérons les variations atmosphériques extérieures, celles existant en altitude et en profondeur, nous constatons que nous sommes soumis à des variations qui sont de beaucoup plus importantes.

La surpression peut être mesurée avec un simple manomètre à eau.

De l'expérience faite cependant à Paris dans de très grands abris, où il est difficile d'obtenir une étanchéité complète, il est seulement nécessaire de faire une ventilation large à l'aide de grands ventilateurs, dans les conditions énoncées à la conférence que présidait, en 1935, Monsieur le Professeur Tanon. La suppression existe à peine, mais elle suffit pour empêcher l'entrée des gaz dans les abris. (Conf. des ingénieurs tenue sur l'initiative de M. Siretta.)

Actuellement, sur l'initiative encore de M. Siretta, ingénieur de la maison spécialisée Leau, des recherches sont faites pour tirer l'air de la terre même. Ces expériences, sur lesquelles nous ne pouvons nous étendre, donneront peut-être d'excellents résultats.

AVANTAGES ET SUPERIORITE DU MILIEU FILTRE ET SURPRESSE

Si nous examinons le milieu surpressé sous ses différents aspects et dans sa réalisation pratique, nous constatons, en effet, qu'il présente de multiples avantages sur le milieu confiné.

Ainsi que nous l'avons constaté d'autre part, il n'est pas indispensable que les locaux soient fermés hermétiquement ; il est même nécessaire que des pertes de charges puissent se produire vers l'extérieur pour qu'un balayage du milieu intérieur s'effectue sous l'influence de la surpression.

Le fait qu'il ne nécessite pas un local absolument étanche permet de l'appliquer aux appartements ou autres pièces dont on dispose. Il permet d'utiliser au mieux les installations dont on peut disposer, sans le secours d'un matériel compliqué.

Il offre la possibilité d'appliquer des mesures d'hygiène par ventilation, pour assainir des locaux viciés par des solvants volatils ou des germes microbiens.

Seul le milieu surpressé permet d'affronter une agression aéro-chimique brusquée, par la filtration de l'air dans des coffres filtrants polyvalents et dont le rendement peut être augmenté par la possibilité de les jumeler. Les filtres se-

ront constitués par des substances absorbantes (charbons activés), neutralisantes (alcalis caustiques), catalysatrices (oxydes métalliques), fixatrices (papier d'alfa, bourres de laine ou de soie diversement colmatées).

De plus, en milieu surpressé on peut procéder à une épuration complémentaire s'il y a lieu. Au cas d'une détection suspecte, cette épuration est réalisable par barbotage de l'air aspiré et refoulement dans des solutions neutralisantes.

Il est applicable pour assurer le renouvellement de l'air dans l'abri sans qu'il soit nécessaire de distribuer de l'oxygène et d'absorber du gaz carbonique.

C'est, d'après certains auteurs, le procédé le plus économique qui a déjà fait ses preuves et qui permet de rester soit dans son immeuble, soit chez soi (abri familial) sous un bombardement, en courant le moins de risques.

Installé au préalable, il est rapide à utiliser.

Il pourrait être employé pour réaliser une entière protection du matériel entreposé dans un abri. Si par exemple il y a des stocks de vivres ou d'effets à protéger; en particulier des vivres périssables pour lesquels le renouvellement de l'air est indispensable. Exemple : les viandes, le pain, les légumes verts.

Cette filtration surpressive est la seule qui convienne aux abris sanitaires, car c'est la seule qui permette de recevoir

en cours d'alerte, dans l'abri, de nouveaux arrivants intoxiqués, sans risque de contaminer l'atmosphère de l'abri.

Elle pourrait être étendue en dehors des abris souterrains :

a) aux abris en surface : abris familiaux, chambres d'une clinique, salles d'un hôpital protégeant ainsi leurs occupants sans avoir à les déplacer ou à les incommoder.

C'est le seul procédé qui résolve l'angoissante question de la protection des enfants et des malades : on ne peut pas mettre un masque à un nouveau-né, ou à un tout jeune enfant, à un vieillard, à un malade ; leur faiblesse l'interdit. Mais ils peuvent parfaitement vivre dans une chambre en milieu surpressé.

b) A la protection, contre les produits agressifs, de véhicules.

Par exemple, les camions destinés au transport des vivres périssables. Le service de ravitaillement aurait ainsi toutes garanties particulièrement dans le cas d'agression par fines particules d'arsine ou par ypérite.

Aux postes de secours mobiles transportant le personnel sanitaire pour soins d'urgence sur place.

c) Ce moyen simple de ventilation adaptable aux exigences de la défense contre le péril aérien pourrait être appliqué dès le temps de paix comme complément utile du confort moderne. En effet, une telle réalisation effectuée

dans un immeuble au même titre que la distribution d'eau chaude serait particulièrement recommandable quand certaines pièces manquent d'aération, telles que les salles de bain, les lingerie, les salles de malades.

Il est à noter, en outre, que les chutes de température quand on change de pièce sont beaucoup moins sensibles dès que l'air est en mouvement.

CONCLUSIONS

L'édification d'abris bétonnés est nécessaire afin d'assurer la protection collective des organismes de la défense et de la portion non évacuée de la population.

Cependant si la construction d'abris peut être envisagée pour de tout petits groupements, elle ne peut en aucune manière retenir l'attention des assemblées élues soucieuses de la sécurité des masses : leur construction entraînant des dépenses exorbitantes (3.000 francs le mètre cube).

Au point de vue de l'isolement et de sa protection contre les produits agressifs, un abri est un local suffisamment étanche et protégé contre la pénétration de ceux-ci. Il possède en propre des appareils capables de régénérer l'air épuisé par les occupants ou de le renouveler par prélèvement à l'extérieur, en atmosphère non contaminée ou par l'intermédiaire de dispositifs filtrants à grande puissance.

Dans le premier cas, l'abri est dit en circuit fermé.

Dans le deuxième cas, il est dit en circuit ouvert.

L'abri en milieu confiné, avec son étanchéité absolue, avec son appareillage encombrant nécessaire pour assurer la régénération de l'air vicié ne peut pratiquement être utilisé que pour un séjour de très brève durée. Il est très coûteux à entretenir.

Avec l'abri à milieu filtré et surpressé, la protection est rapide, économique et peut être appliquée à tous les locaux. On peut y entrer et en sortir sans risque de contaminer l'atmosphère intérieure de l'abri. Il peut être utilisé pour les abris sanitaires. Il assure la protection des enfants, des vieillards et des malades. On peut appliquer ce procédé immédiatement avec les appareils existants, en cas d'attaque aérienne brusquée.

Vu : *Le Doyen,*
G. ROUSSY.

Vu : *Le Président,*
L. TANON.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris,
S. CHARLÉTY

BIBLIOGRAPHIE

ANGLADE M. — *Défense de la population civile contre la menace toxi-asphyxiante des attaques aériennes*, 1935.

GUTPERLE, REY, THIBIERGE, SALLANTIER DEROME et BRUÈRE. — *Abris collectifs*, imprimerie Gourmez, 1934.

DAUTREBANDE. — *Les gaz toxiques*, Masson, éditeurs, Bruxelles, 1933.

Lieutenant-colonel BRUÈRE P. — *Abris sanitaires permanents*, Le François, 1934. — *Organisation biochimique de la défense passive contre le péril aérien*, Vigot, 1933. — *Protection collective en atmosphère confinée contre les gaz de bombardement*, dans le Bulletin des Docteurs et Pharmaciens, septembre-octobre 1930. — *La protection dans le cadre familial et les abris sanitaires par le milieu surpressé*, Bulletin des Assistantes du D. N., octobre 1934. — *Organisation de la défense passive contre le péril chimique aérien*, éd. réservée, 6, bd des Invalides, 1933.

BRUÈRE P. et COT C. — *Le poste de secours sous abri ou abri sanitaire*, Vigot frères, 1934.

COT C. — *Les asphyxies du temps de paix et temps de guerre*, Lorillot, Paris, 1932.

COURTEHEUSE. — *Bases actuelles de la prophylaxie des intoxications par la voie respiratoire*, Thèse Paris Le-grand, 1935.

HEURIET. — *L'air atmosphérique*, Thèse Paris, 1906.

SOLMIAC. — *Contribution à l'étude des atmosphères confinées*, Thèse Paris, 1924.

BERNIÈRE. — *Sur les causes des viciations de l'atmosphère libre et confinée et les moyens d'y remédier*, Thèse Paris, 1931.

Commandant GIBRIN et Louis SIMON. — *Album National anti-gaz*, Laranzelle.

IZARD. — *La guerre aéro-chimique et les populations civiles*, Lavanzelle.

COUILLAUD J. — *Le danger aérochimique*, Revue doc. du pharmacien, décembre 1933.

DESFOSSES. — *La guerre chimique*, Presse médicale, 28 novembre 1933.

REVUES

Archives de Médecine et Pharmacie militaires, avril 1932, pp. 451-452.

Revue Internationale de la Croix-Rouge, septembre 1931,
p. 750; nov. 1931, pp. 972-985; déc. 1931, pp. 1069-
1.077.

Le Siècle médical, 1^{er} novembre 1931.

La Presse médicale, 1^{er} avril 1932, p. 544.

Revue Gaz de Combat, Défense passive, Feu, Sécurité,
Librairie Baillière.

Revue de la Défense aérienne.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	9
Enumération sommaire des gaz toxiques	13
Conditions techniques de construction d'un abri	15
Etanchéité des abris	17
Conditions de viabilité des individus dans un abri	18
Milieu confiné	21
Milieu surpressé	29
Avantages et supériorité du milieu filtré et surpressé	37
CONCLUSIONS	41
BIBLIOGRAPHIE	43

